

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-003089

(43)Date of publication of application : 09.01.1987

(51)Int.Cl.

C30B 1/00
C30B 23/02
C30B 25/10
H01L 21/203
H01L 21/205

(21)Application number : 60-141002

(71)Applicant : NIPPON KOGAKU KK <NIKON>

(22)Date of filing : 27.06.1985

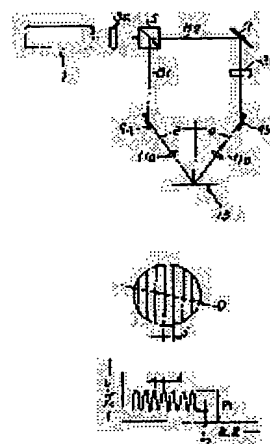
(72)Inventor : KAMEYAMA MASAOMI

(54) PRODUCTION APPARATUS FOR SEMICONDUCTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To make it possible to grow a single crystal from a part for forming an interference fringe of laser beams with high productivity, by dividing a single laser beam into plural beams and condensing the respective beams on an object material for interference.

CONSTITUTION: A laser beam emitted from a laser light source 1 is divided into two optical paths by a polarized light beam splitter 5 to form the first laser beam (B1) and the second laser beam (B2), which are respectively condensed by condensing lenses (11a) and (11b) superposed on a sample substrate 13 to form an image. For example, a thermal oxidation film having 1μ thickness is formed on a silicon wafer, and a polysilicon film having 1μ thickness is formed thereon by the vacuum chemical vapor deposition (CVD) method. The resultant sample substrate is then placed in N₂ atmosphere and the laser beams (B1) and (B2) at $0.5\mu\text{J}/\text{pulse}$ are irradiated thereon by the above-mentioned production apparatus of a semiconductor to form an interference fringe. Thereby, a part irradiated with the interference fringe is melted at 1 pulse to advance the formation of a single crystal from the polysilicon in a part of weak light intensity. The aimed single crystal is soon formed from the whole irradiated part.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-3089

⑬ Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)1月9日

C 30 B 1/00
23/02
25/10
H 01 L 21/203
21/205

8518-4G
8518-4G
8518-4G
7739-5F
7739-5F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 半導体製造装置

⑯ 特 願 昭60-141002

⑰ 出 願 昭60(1985)6月27日

⑱ 発 明 者 亀 山 雅 臣 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社
大井製作所内

⑲ 出 願 人 日本光学工業株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

⑳ 代 理 人 弁理士 永井 冬紀

明 細 書

1. 発明の名称

半導体製造装置

2. 特許請求の範囲

単一のレーザービーム出力手段と、該レーザービーム出力手段から出射されたレーザービームを複数のビームに分割する分割手段と、分割された複数のビームを対象物上に集光して干渉させる干渉手段と、を具備し、対象物上でレーザービームの干渉縞を形成して、該干渉縞が形成された部位から単結晶を成長させることを特徴とする半導体製造装置。

3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は基板上に単結晶薄膜を形成し、または成長させることができる半導体製造装置に関する。

(発明の背景)

近年、集積回路の高密度実装化が進められており、そのひとつとして三次元集積回路が提案され

ている。三次元集積回路は回路を層状に立体集積化したものであり、誘電体膜上に単結晶を成長させる技術が不可欠である。この種の技術として、例えば熔融結晶化法と呼ばれる手法を用いた半導体製造装置が従来から種々提案されている。この熔融再結晶化法として、以下に示す3つの手法がある。

(1) レーザビーム成形法

「セミコンダクタ ワールド」1984年 8月号(以下文献1)の105頁図8(A)に示されているように、ウェハに照射するビームの強度分布をドーナツ状にして多結晶の単結晶化を図る。あるいは、「第3回新機能素子技術シンポジウムS59.7/4～5予稿集」(以下、文献2)の153頁、図6(A)に示されているように、レーザービームをビームスプリッタ、λ/4波長板および水晶複屈折板を用いて分離してウェハ上に所望の光強度分布を得、これにより単結晶化を図る。

しかしながら、いずれの場合も、一度に単結晶化できる面積が小さく、大面積にわたって単結晶

化を図るのには時間がかかりすぎる。

(2) 反射防止膜形成法

文献1の105頁図6(B)に示されているように、ウェハのポリシリコン膜上に、レーザ光に対する反射防止膜(Si₃N₄膜)をストライプ状に形成し、レーザ照射時の温度分布を強制的に制御する。

この方法によると、反射防止膜形成のための前処理工程に時間がかかる。

(3) 酸化膜リリース法

文献1の105頁図6(B)に示されるように、ポリシリコン下部の絶縁層に厚みの差をつけて放熱を制御し、以って、レーザビーム照射時のポリシリコン層の温度分布を制御する。

この方法によると、絶縁層に厚みをつける前処理に時間がかかってしまう。

(発明の目的)

本発明の目的は、このような問題点を解決し、煩雑な前処理をすることなく、比較的大面積にわたって単結晶化できる半導体製造装置を提供することにある。

れ、第1のレーザビームB1と平行な向きに進行して波長板3bに入射される。波長板3bを通過した第2のレーザビームB2の偏光方向は第1のレーザビームB1の偏光方向と同一となる。その後で第2のレーザビームB2はフルミラー9bにより光路が定められる。一方、ビームスプリッタ5で下方にその光路が変えられた第1のビームB1は、フルミラー9aにより光路が定められる。ビームB1およびB2は集光レンズ11aおよび11bでそれぞれ集光されて対象物としての試料基板13上に外径30μmのレーザスポットとして重ね合わされて結像される。

今、試料基板13に対する各ビームB1、B2の入射角θを、θ=15.4度に設定すると直径D=30μmのレーザスポットに、第2図(a)に示すような4μmピッチで繰り返す干渉縞が生じる。

ここで、干渉縞のピッチd、レーザビームの波長λ、レーザビームの入射角θの間には、

$$d = \lambda / 2 \sin \theta$$

の関係がある。従って、入射角θを適宜変えるこ

(発明の概要)

本発明はひとつのレーザビーム出力手段と、そのレーザビーム出力手段の出射ビームを分離して複数のビームを得る分離手段とを有する。更に本発明は、複数のビームを対象物上に照射し、その対象物上で複数のレーザビームを互いに干渉させて干渉縞を形成する干渉手段を有する。干渉縞の形成により対象物上に周期的な光強度分布ができ、そこから単結晶の成長が始まる。

(実施例)

－第1の実施例－

第1図は本発明の一実施例を示し、符号1はレーザ光源であり、本例では、波長1.064μmのレーザビームを射出するYAGレーザを用いる。レーザ光源1から出射されたレーザビームは、波長板3aを介して偏光ビームスプリッタ5に入射される。入射されたレーザビームは2つの光路に分割されて第1のレーザビームB1と第2のレーザビームB2とが取り出される。第2のレーザビームB2はフルミラー7でその向きが変えら

とにより干渉縞のピッチdを変えることができる。また、波長板3a、3bを回転させてレーザビームの偏光を調整することにより、基板13上に形成された干渉縞のコントラスト、すなわち第2図(b)に示すような、試料基板上でのレーザパワーの強度比(P2/P1)を変えることができる。

以下に本実施例装置を用いて単結晶薄膜を形成する2例について説明する。

(1) シリコンウェハ上に1μm厚の熱酸化膜を形成し、その上に更に減圧CVD(ケミカル・ベーパー・デポジション)により1μm厚のポリシリコン膜を形成した試料基板をN₂雰囲気中に置き、上述した半導体製造装置により、その試料基板上に、その基板上で0.5μJ/パルスのレーザビームB1およびB2を照射して干渉縞を形成したところ、1パルスで干渉縞照射部分が溶融し、光強度の弱い部分のポリシリコンから単結晶化が進み、やがて照射した部分全体のポリシリコンが単結晶化された。

本実施例のように対象物が多結晶の薄膜の場合

には、薄膜が干渉縞の光により転移温度以上に加熱されて半溶融ないしは溶融の状態になり、原子の再配列により干渉縞の光強度の弱い部分、すなわち加熱の度合の低い部分から単結晶化が進行する。

(2) 表面を洗浄した石英板を試料基板13とし、その石英板を減圧酸素雰囲気中(1×10^{-5} Torr)に置き、上述した半導体製造装置により、石英板の表面にピッチ4 μm のレーザビーム干渉縞を照射(照射エネルギーは約1 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$)する。これにより基板13の表面は加熱され、干渉縞の光強度に応じた周期的な温度分布がその表面上に生じる。この温度分布に応じて基板13は活性化単位を持つことになる。この活性化単位と減圧状態とを保持したままその基板13を真空蒸着室に入れて、真空度 1×10^{-8} Torrの条件下でEB(エレクトロン・ビーム)加熱法により高純度シリコンを蒸着した。蒸着速度は8.2 $\text{\AA}/\text{min}$ 、蒸着厚さは約500 \AA である。蒸着の開始前にレーザの照射を中止したとしても、蒸着の開始当初において、上述した活性化単位が保

たれてさえいれば、この準位に従って蒸発したシリコン粒子が基板13上に付着し、数層のシリコン単結晶膜が形成される。以後は活性化単位が失われても、この数層の膜にならって単結晶がエピタクシー成長した。

—第2の実施例—

第3図を参照して第2の実施例について説明する。第1図と同様の箇所には同一の符号を付して説明する。

本例では、波長 $\lambda=488\text{nm}$ のレーザビームを出力する連続発振アルゴンレーザをレーザ光源1として用いる。そして、ビームスプリッタ5で分岐されたレーザビームB1、およびフルミラー7で反射されて波長板3bを通過した後のレーザビームB2は、それぞれビーム整形光学系15aおよび15bに入射されて、 $20\mu\text{m} \times 1000\mu\text{m}$ の矩形平行光に整形される。整形された各ビームは、フルミラー9a、9bにより、それぞれ試料基板13への入射角 θ が定められ、次いで、縮小レンズ系17を通して1/10に縮小されて試料基板13上で

重ね合せて干渉縞パターンを形成する。試料基板13上でのレーザビームの大きさ $W \times T$ (第4図(a)参照)は $100\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ である。また、試料基板13上のレーザパワーは第4図(b)に示すように周期的な分布となる。本例でも、第1の実施例と同様に、レーザビームB1、B2の試料基板への入射角 θ を適宜定めることにより干渉縞のピッチ d を変えることができる。なお、符号19は試料基板13が載置されるステージであり、第4図(a)に示すA方向に最大100mm/secで走査できる。

第1の実施例で説明したと同様にシリコンウエハ上に1 μm 厚の熱酸化膜を形成し、その上に更に減圧CVDにより1 μm 厚のポリシリコン膜を形成した試料基板を N_2 雰囲気中に置き、上述した半導体製造装置により、その試料基板上にレーザビームB1およびB2を照射して干渉縞を形成するとともに、ステージ19をA方向(第4図(a)参照)に30mm/sec~75mm/secで移動させたところ、幅90 μm 、長さ50mmのレーザ照射部分が単結

晶化された。また、1走査終了毎に、隣接する2走査においてレーザビームが10 μm だけ互いに重複するようにステージ19をC方向(第4図(a)参照)にずらして繰り返してレーザビームを試料基板13上に照射したところ、15mm \times 15mmの正方形領域を単結晶化することができた。なお、このときの試料基板上でのレーザパワーは約2 J/cm²である。なお、第4図(a)に示すように、ステージをB方向に移動すれば、干渉縞のピッチを類似的に変えることができる。

この第2の実施例における対象物には、上記第1の実施例の(1)で説明したと同様の多結晶シリコン薄膜が形成されており、薄膜が干渉縞の光により転移温度以上に加熱されて半溶融ないし溶融の状態になり、原子の再配列により干渉縞の光強度の弱い部分、すなわち加熱の度合の低い部分から単結晶化が進行する。

—第3の実施例—

第5図を参照して第3の実施例について説明する。第1図と同様の箇所には同一の符号を付して

説明を省略する。

符号21はプラズマCVD装置を示し、チャンバ210にはガス供給口211と、バキューム口212とが設けられるとともに、ミラー9aおよび9bで光路が定められたレーザビームB1、B2をチャンバ210内に入射させる石英窓213、214が設けられている。チャンバ210内には対向電極215、216が配設され、電極215は高周波電源217と接続され、電極216は接地されている。

この実施例では、プラズマCVD装置により基板上にポリシリコンを形成しつつレーザビームの干渉縞により基板に温度分布を与えることによりシリコン単結晶を成長させるものである。

まずシリコンウエハ上に酸化膜を形成した基板13を電極215上に設置し、ガス供給口211からモノシラン(SiH_4)を毎分23ccの割合で供給する。それと同時に、バキューム口213からチャンバ210内を減圧して、チャンバ210内を0.5Torrに維持する。そして、高周波出力50

Wの下で基板13の酸化膜上にポリシリコンを形成する。それと同時に、第1の実施例の光学系を用いて、波長 $1.064\mu\text{m}$ のレーザビームB1およびB2を、入射角 $\theta=15.4$ 度でその基板13上に照射した。なおレーザパワーは $0.1\mu\text{J}/\text{パルス}$ であり、レーザパルスの周波数は5Hz、レーザスポットの直径Dは $300\mu\text{m}$ であった。これにより、レーザビーム照射部にシリコン単結晶が成長した。

本実施例のように対象物である基板が、多結晶シリコンの薄膜が形成されつつある基板の場合には、干渉縞の光により、基板と、形成されつつある薄膜とが薄膜形成物質の転移温度以上に加熱されるので、第1実施例の(1)および(2)で説明した2つのプロセスが同時に進行して単結晶が生長していくと考えられる。

— 第4の実施例 —

第6図を参照して第4の実施例について説明する。第1図と同様の箇所には同一の符号を付して説明を省略する。

符号31は光CVD装置であり、チャンバ310にはガス供給口311とバキューム口312が設けられている。また、ミラー9aおよび9bで光路が定められたレーザビームB1、B2をチャンバ310内に入射させる石英窓313、314が設けられている。チャンバ310内には試料台315が配設されている。

この実施例では、光CVD装置により基板上にポリシリコンを形成しつつレーザビームの干渉縞により基板に温度分布を与えることによりシリコン単結晶を成長させるものである。

まずシリコンウエハ13を試料台315上に設置し、モノシランガスをチャンバ310内に毎分30ccの割合で導入する。同時にバキューム口312からチャンバ310内を減圧してチャンバ310内を5.0Torrとし、シリコンウエハ13を 370°C に加熱した。そして、レーザ光源1としてエキシマレーザ(波長 193nm)を用いて、ウエハ上で $15\text{mW}/\text{cm}^2$ のレーザビームを、周波数100Hz、入射角 $\theta=0.5$ 度でウエハ13上に照射したところ、

ウエハ13上に $15\mu\text{m}$ ピッチの干渉縞ができ、その部分にシリコン単結晶膜が形成された。なお、単結晶膜の成長速度は $300\text{\AA}/\text{min}$ であった。

本実施例における対象物は、第3の実施例と同様に、多結晶シリコンが形成されつつある基板であり、上述した第1の実施例の(1)、(2)のプロセスが同時に進行して単結晶が成長していくと考えられる。

(発明の効果)

本発明では、単一のレーザビーム出力手段から出射されたレーザビームを複数のビームに分離し、それぞれのビームを対象物上に重ね合わせて照射し、これにより対象物上にレーザビームの干渉縞を形成した。

ここで、対象物としては、基板上に形成された多結晶や非晶質の薄膜(第1実施例の(1)、第2実施例)、薄膜が形成される前の無垢の基板(第1実施例の(2))、あるいは、薄膜が形成されつつある基板(第3実施例、第4実施例)等が挙げられる。多結晶や非晶質の薄膜の場合には、薄膜が

干渉縞の光により転移温度以上に加熱されて半溶融ないし溶融の状態になり、原子の再配列により干渉縞の光強度の弱い部分、すなわち加熱の度合いの低い部分から単結晶化が進行する。無垢の基板の場合には、干渉縞が周期的な温度分布、言い換えれば活性化単位を基板表面に作り、この基板に対して蒸着等の手法により薄膜を形成すると、この活性化単位に従って薄膜を形成する粒子の付着位置が規定され、単結晶薄膜が基板上にコートされていく。薄膜が形成されつつある基板の場合は、干渉縞の光により、基板と、形成されつつある薄膜とが薄膜形成物質の転移温度以上に加熱されるので、先の2つの場合のプロセスが同時に進行し単結晶が成長していくと考えられる。いずれの場合も従来に比べて簡単な構成でしかも生産性の高い製造装置が得られる効果がある。

また、第3および第4の実施例によれば、従来、800℃以上の高温下で得られたエピタキシャル成長が、低温でしかも誘電体物質上で大面積にわたり容易に行うことができる。

なお、上記各実施例では、レーザビームを2本に分割し、それらにより干渉縞を形成したが、本発明はこれに限らず3本以上に分割されたビームで干渉縞を形成しても良い。

また、本発明はレーザアニールにも応用でき、この場合も、従来に比べて極めて容易に単結晶化を図ることができる。ここでレーザアニールとは、イオン注入のプロセス、エピタキシャル層形成プロセス等において、単結晶にイオン注入を行った場合、結晶が荒れて多結晶もしくはアモルファス化、あるいは結晶の欠陥が生じるが、これを単結晶化するために対象物上にレーザビームを照射することをいい、このレーザビームを多光束に分け、これらにより干渉縞を形成せしめ、この干渉縞の照射によりアニールを行えば良い。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例を示す構成図、第2図(a)はそのレーザスポット形状と干渉縞を示す図、第2図(b)はその光強度分布を示す図、第3図は本発明の第2の実施例を示す構成図、第

4図(a)はそのレーザスポット形状と干渉縞を示す図、第4図(b)はその光強度分布を示す図、第5図は本発明の第3の実施例を示す構成図、第6図は本発明の第4の実施例を示す構成図である。

1 : レーザ光源(ビーム出力手段)

3 a、3 b : 1/2波長板(干渉手段)

5 : ビームスプリッタ(分離手段)

7、9 a、9 b : ミラー(干渉手段)

11 a、11 b : 集光レンズ(干渉手段)

13 : 基板

15 a、15 b : ビーム整形光学系

17 : 縮小レンズ系

21 : プラズマ CVD

210 : チャンバ

211 : ガス供給口

212 : パキューム口

213、214 : 石英窓

215、216 : 電極

217 : 高周波電源

31 : 光 CVD

310 : チャンバ

311 : ガス供給口

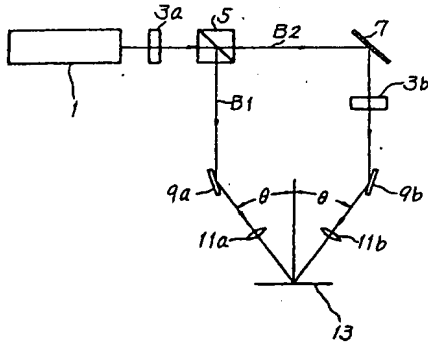
312 : パキューム口

313、314 : 石英窓

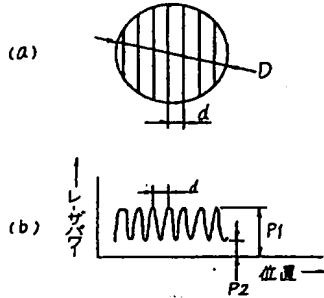
315 : 試料台

出 願 人 日本光学工業株式会社

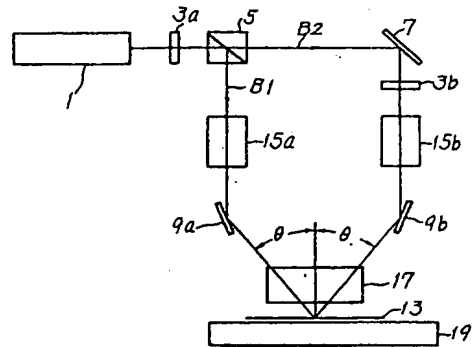
代理人 弁理士 永 井 冬 紀



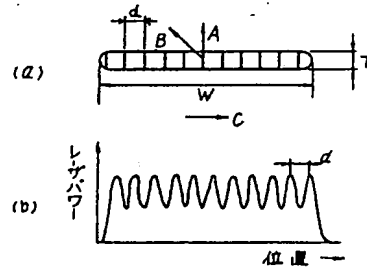
第 1 図



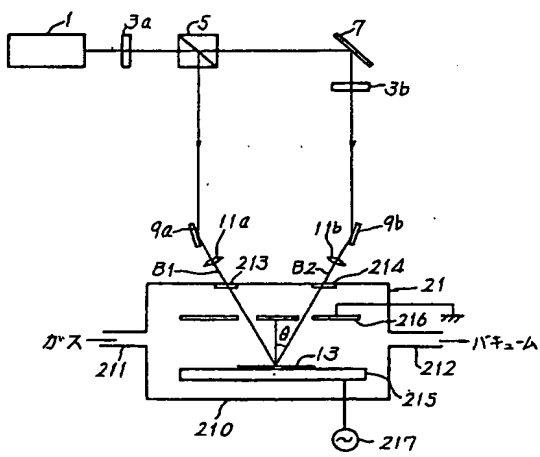
第 2 図



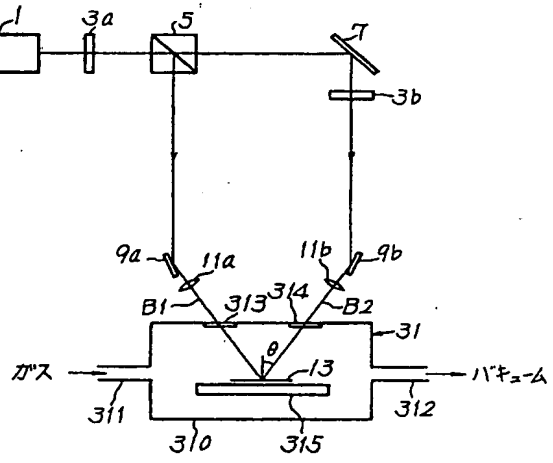
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図